

高強度コンクリートの鉄筋を含んだコア供試体に関する一考察
 - 普通ポルトランドセメントを用いた検討 -

ものつくり大学(学部) 大木崇輔 日大理工(院) 大塚秀三
 ものつくり大学 中田善久 (前)足利工業大学 毛見虎雄

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の強度確認などで構造物からのコア供試体の採取を行なうに場合、事前に鉄筋探査機により、鉄筋位置の確認を行うため、従来に比べて鉄筋を切り取ることは少なくなっている。しかし、鉄筋探査機の深さ方向への探査範囲は限定されていること、結束線などの金属の影響などによる誤差¹⁾が考えられることなどから鉄筋を含んだコア供試体が採取される事例も生じることがある。そのため、東京都都市計画局では、普通強度を対象に鉄筋を切断したコア供試体強度の補正係数²⁾を示されている。また、平賀・毛見³⁾および田村ら⁴⁾は、水セメント比40~70%程度の普通強度における鉄筋を切り取ったコア供試体の圧縮強度性状について検討を行なっているが、近年のコンクリートの高強度化に対応した研究は行われていない。

そこで、本研究は、水セメント比25~55%の範囲の普通強度から高強度までの鉄筋を切り取ったコア供試体の力学的特性を調べるために圧縮強度、静弾性係数およびポアソン比について標準養生供試体との比較により検討したものである。ここでは、4種類の鉄筋を含んだコア供試体の材齢28日までの結果についてまとめた。

2. 実験の概要

(1) 実験の要因と水準

100 × 200 (mm) のコア供試体が3本採取できる W200 × h200 × L500 (mm) の小試験体を作成した。水セメント比は55, 45, 35 および25% (それぞれ N-55, N-45, N-35, N-25 とする) の4水準とした。鉄筋は D13 (SD295A) を使用した。また、小試験体と同一のコンクリート

から標準養生供試体の採取を行った。

(2) 使用材料およびコンクリートの調合

コンクリートの使用材料を表1に、調合を表2に示す。すべての調合において単位水量を170kg/m³一定とし、化学混和剤には高性能AE減水剤を使用した。コンクリートの練混ぜは、容量60リットルの強制二軸ミキサを使用し、各調合とも1バッチ35リットルとした。

(3) 小試験体の概要

小試験体の概要を図1に示す。小試験体の配筋は、コンクリート構造物の柱、梁および耐力壁などの主要構造部からの採取は通常行わないため、床および非耐力壁を想定した配筋方法とし、(それぞれシングル配筋、ダブル配筋、シングル交差配筋、ダブル交差配筋とする)に示す配筋方法とした。使用型枠は、塗装合板のみとし、打込み時の余剰水の流失を防ぐために、型枠の入隅部および鉄筋の差込み穴には全周に変性シリコン

表1 コンクリートの使用材料

材料	種類	品質・性状・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント (略称 N)	密度: 3.16g/cm ³ 比表面積: 3.290cm ² /g
水	水道水	ものつくり大学 中央棟内水道
粗骨材	栃木県安蘇郡葛生町産 砕石 2005	表乾密度: 2.70g/cm ³ 実績率: 60.0% 吸水率: 0.59%
細骨材	栃木県栃木市尻内町産 陸砂	表乾密度: 2.61g/cm ³ 粗粒率: 2.75 吸水率: 2.3%
化学混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン 酸化合物

表2 コンクリートの調合

記号	W/C (%)	S/a (%)	粗骨材かさ容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)				Ad (C × %)
				W	C	S	G	
N-55	55.0	52.4	0.545	170	309	882	883	0.85
N-45	45.0	50.8	0.545	170	378	882	883	0.95
N-35	35.0	50.1	0.525	170	486	825	851	1.05
N-25	25.0	44.7	0.525	170	680	666	851	1.15

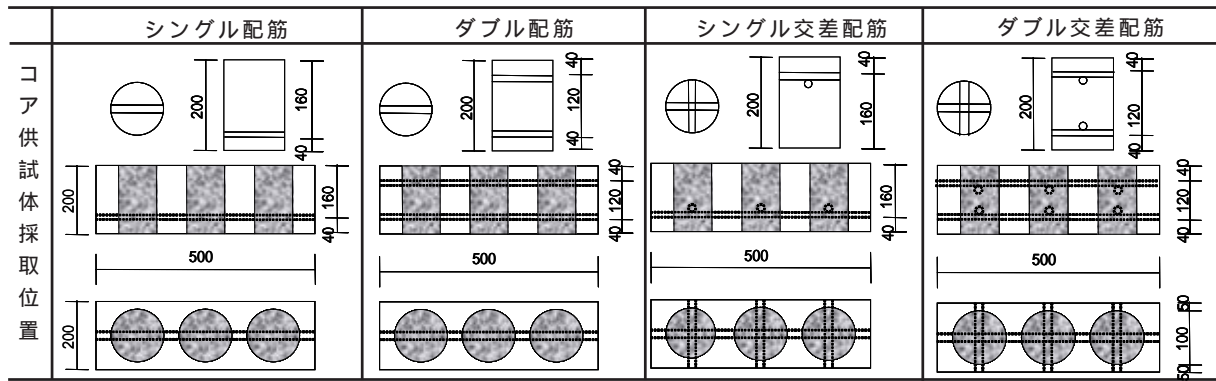


図1 小試験体の概要

系シーリングを充填した。

小試験体へのコンクリートの打込みは、2層打ちとして、いずれの試験体とも3箇所の同一位置に100V棒状バイブレータ(振動数:12,000~15,500Hz)を各5秒挿入し、さらにゴムハンマーで側面のせき板を10回叩き締固めた。

型枠の脱型は、標準養生供試体および小試験体とも打込み直後に上端をポリエチレンフィルムで覆うことにより水分の蒸発を防止し、48時間静置した後とした。また養生方法は、標準養生供試体および小試験体とも養生条件を同一とし、養生槽へ所定の材齢まで浸漬させた。

(4) コアドリルの機種および仕様

コアドリルは、ドリルモータ電流一定制御方式の全自動送り装置を取り付けた機種とした。また、定格容量3kVAのハードトランスを併用し、コアドリルに安定した電流を供給出来るように設定した。コアドリルの仕様を表3に示す。送速さの設定は、2.5cm/minを超える場合コンクリート中の鉄筋にビットの先端が触れると削孔トルクが、コンクリートだけを削孔した場合に比べ著しくトルクおよび摩擦熱が増大し、コアドリルの回転が停止してしまうため2.5cm/minと定めた。ビットは外径110内径100(mm)の湿式用人工ダイヤモンドビットを使用した。また、採取の際に生じるブレード用冷却水の影響も無視できないため流量を一定とした。

3. 結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの性状結果を表4に示す。全ての調合において、スランプ、スランプフロー、空気量は、高性能AE減水剤の使用量を調整することにより目標値を満足することができた。

3.2 強度性状の検討

(1) 各種配筋における供試体圧縮強度

セメント水比と圧縮強度の関係を図2に示す。いずれの調合においても圧縮強度は標準養生供試体に対して強度比が、シングル交差配筋で0.76と最も低下する傾向となり、次い

表3 コアドリルの仕様

電源 (V)	定格電流 (A)	最大出力 (V)	周速 (m/min)
単相100	15	2400	470

表4 フレッシュコンクリートの性状結果

記号	スランプ (cm)		スランプフロー (cm)		空気量 (%)	
	実測値	目標値	実測値	目標値	実測値	目標値
N-55	17.0	18±2.0	28.0×27.5	-	3.6	4.5±1.5
N-45	22.0	21±2.0	37.0×36.0	-	4.8	4.5±1.5
N-35	-	-	51.0×50.5	50±7.5	3.8	4.5±1.5
N-25	-	-	61.0×61.5	60±10.0	5.4	4.5±1.5

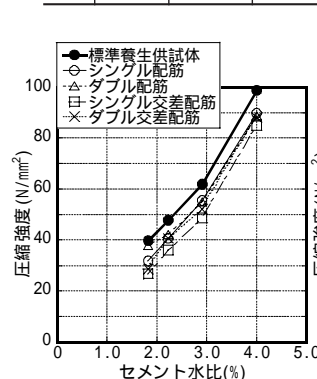


図2 セメント水比と圧縮強度の関係

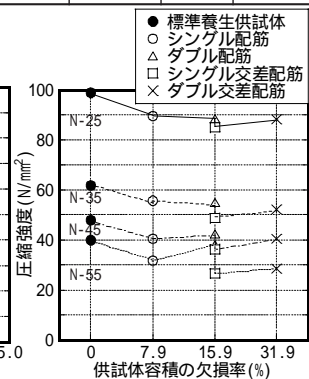


図3 供試体容積の欠損率と圧縮強度の関係

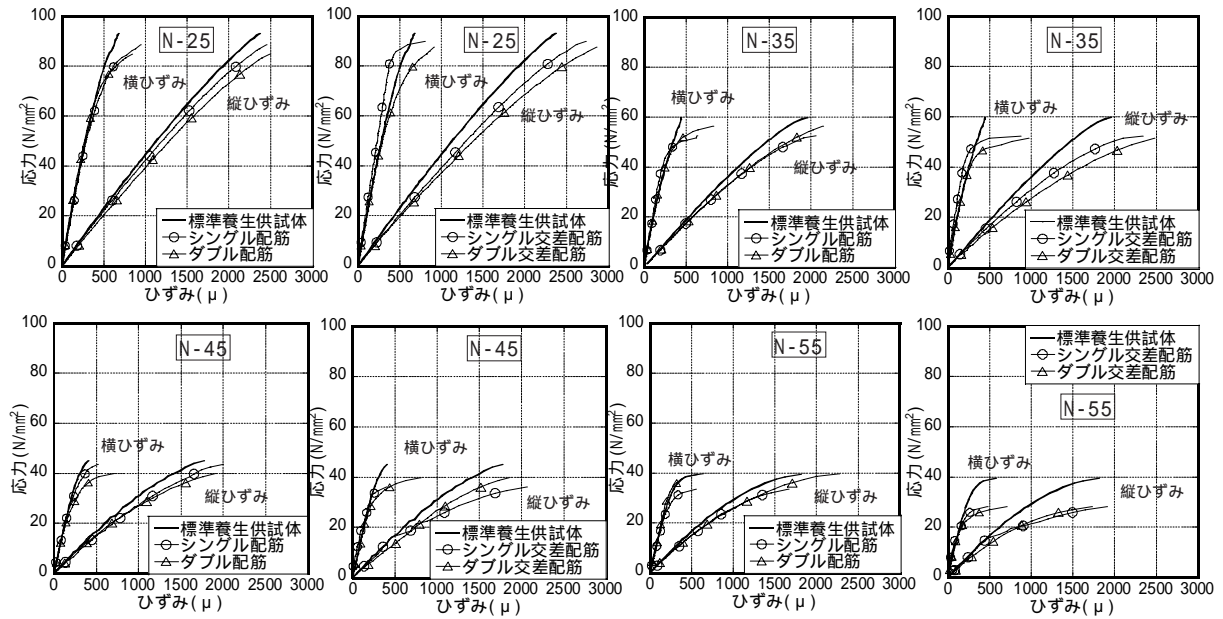


図4 各種配筋方法における応力-ひずみ曲線

でダブル交差配筋の0.81、シングル配筋の0.82、ダブル配筋の0.90という傾向を示した。また、標準養生供試体に対するコア供試体の圧縮強度は、平賀・毛見らの提示している値に比し若干低下する傾向を示したが、当時と比べて使用材料の違いが影響しているものと考えられる。

供試体容積の欠損率と圧縮強度の関係を図3に示す。供試体容積の欠損率と圧縮強度の関係は、概ね負の相関性が見られた。しかしシングル交差配筋は、供試体容積の欠損率がダブル交差配筋に比し低いにもかかわらず、圧縮強度が低下した。これは、不均一な鉄筋の拘束力によるものと考えられる。さらに影響する要因には、初期硬化に伴う鉄筋下端のコンクリートの沈降およびコアドリルの削孔に伴う鉄筋の切断時にビットから伝わる振動による付着低下が考えられるが、この点は今後の課題したい。また、コア供試体の破壊は、載荷に伴い鉄筋の周囲にひび割れが発生し、円錐形に崩壊する傾向であった。これは、コンクリートの高強度に伴い顕著になる傾向を示した。

(2) 各種配筋方法における応力ひずみ曲線の検討

各種配筋方法における応力-ひずみ曲線を図4に示す。応力ひずみ曲線は、水セメント比ご

とに3本のコア供試体のうち代表的なものを示す。すべての配筋方法において弾性範囲内での縦ひずみおよび横ひずみは、標準養生供試体に比し大きくなる傾向を示した。また、シングル交差配筋およびダブル交差配筋の縦ひずみは塑性域から破壊に至る過程において逆転し、急激に大きくなった。これによりすべての配筋方法において、標準養生供試体に比し比較的低い応力から供試体内部における組織の破壊が進行しているものと考えられる。

(3) 各種配筋における静弾性係数

静弾性係数は、 50×10^{-6} では供試体端面の精度・圧縮強度試験機の微小な動きにより載荷初期におけるひずみ値の精度が低下すると考えられるため値(1)式により算出した。

$$E = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\epsilon l - 50 \times 10^{-6}} \quad (1)式$$

ここに、E: 静弾性係数 (kN/mm²)、 δ_2 : 1/3 最大荷重時点における圧縮強度 (kN/mm²)、 δ_1 : 縦ひずみ 50×10^{-6} 時点における圧縮強度 (kN/mm²)、 ϵ : 1/3 最大荷重時点で生じる縦ひずみの平均

供試体容積の欠損率と静弾性係数の関係を図5に示す。供試体容積の欠損率と静弾性係数の関係は概ね負の相関性が見られた。しかし、N-35およびN-55は、ダブル配筋とシングル交差配筋と配筋方法は、異なるにもかか

わらず静弾性係数がほぼ同等になる傾向を示した。供試体容積の欠損率が増加するに伴い、静弾性係数が減少した理由は、原因は定かではないが、

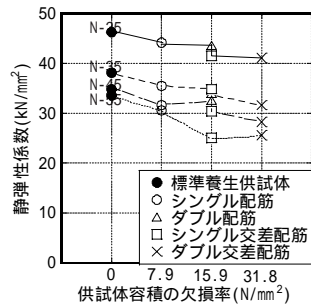


図5 供試体容積の欠損率と静弾性係数の関係

(4) 各種配筋における供試体ポアソン比

ポアソン比の測定は、供試体中心部の対面する2箇所にひずみゲージを貼り付けその平均値ポアソン比の算定方法は静弾性係数と同様に 50×10^{-6} 以下を除外し(2)式により算出した。

$$= \frac{l_2}{l} \frac{t_1}{50 \times 10^{-6}} \quad (2) \text{式}$$

ここに ν :ポアソン比, t_2 :1/3 最大荷重時点における横ひずみ, t_1 :縦ひずみ 50×10^{-6} 時点における横ひずみ, l :1/3 最大荷重時点における縦ひずみ

供試体容積の欠損率とポアソン比の関係を図6に示す。供試体容積の欠損率とポアソン比の関係は、縦ひずみに大きく依存するため静弾性係数と同様に負の相関性が得られると思われたが、シングル交差配筋がその中で最も大きくなった。これは、片側に偏在したシングル配筋より両側に鉄筋のあるダブル交差配筋の方が、円周方向のすなわち横ひずみの増加を低減させたためと考えられるが、今後検討する必要がある。圧縮強度とポアソン比の関係を図7に示す。鉄筋の有無にかかわらずポアソン比は0.20を中心として0.15～0.25に分布する傾向となったが、ばらつきが大きかった。また、すべてのポアソン比を最大荷重時点で算定すると弾性範囲で算定した場合に比べ概ね2倍になる傾向を示した。これは、図4に示されるように、弾性範囲の範囲内で縦ひずみの変化率以上に横ひずみが増加したためと考えられる。

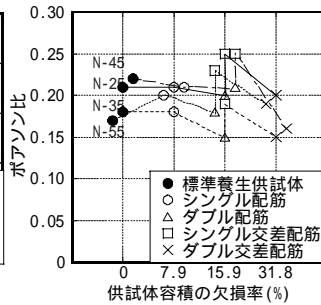


図6 供試体容積の欠損率とポアソン比の関係

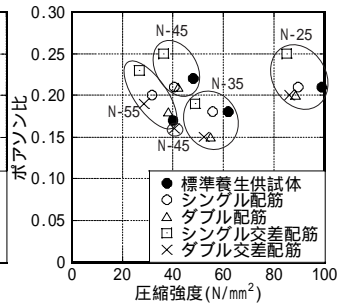


図7 圧縮強度とポアソン比の関係

5. まとめ

本実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 圧縮強度はシングル交差配筋を除き、断面容積の欠損率の増加に伴い低下する傾向を示した。
- (2) 静弾性係数は供試体容積の欠損率の増加に伴い低下する傾向を示した。
- (3) ポアソン比は標準養生供試体に比しシングル交差配筋は増加し、ダブル交差配筋では低下する。

今後、鉄筋を切り取ったコア供試体の力学特性に不明確であるところが見られるためさらに普通セメントについて検討すると共に、中庸熱セメントおよび高炉B種セメントについての検討も行ない鉄筋を含んだコア供試体と無筋コア供試体の強度比を確立する予定である。

【謝辞】

本実験をおこなうにあたり、ものづくり大学建設技能工芸学科中田研究室の学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝します。

【参考文献】

- 1) 李迅, 毛見虎雄, 藤井和俊: 鉄筋コンクリート構造物の健全性評価技術に関する研究、電磁波誘導法によるかぶり厚さの施工精度の調査、日本建築学会技術報告集, pp29-32, 2001.7
- 2) 東京都都市計画局建築指導部: 建築物の耐震診断システムマニュアル(鉄筋コンクリート造)、東京都都市計画局建築指導部, pp88-89, 1988, 12
- 3) 平賀友晃, 荒巻哲生, 倉林清, 毛見虎雄: コンクリートコアの切断方法がコンクリート強度に及ぼす影響、その2鉄筋を含むコンクリートコアの場合、日本建築学会大会学術講演集, pp.91-92, 1977.10
- 4) 田村博, 上田哲夫: 鉄筋を含んだコンクリートコアの圧縮強度に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演集, pp127-128, 1980.9